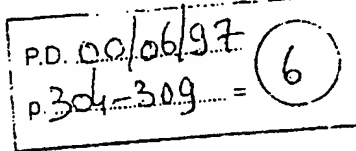


Optimierung des Ziehvorgangs beim Umformen geschweißter Bleche (Tailored Blanks)

K. Siegert, E. Knabe, T. Possehn, B. Glasbrenner



XP-000725079

304

Inhalt: Mit dem Einsatz geschweißter Platinen (Tailored Blanks) in der Umformtechnik werden zusammengeschweißte Einzelplatinen unterschiedlicher Blechgüte, Blechdicke und Oberflächenveredelung umgeformt. In diesem Beitrag wird auf die Optimierung des Ziehens von Tailored Blanks und auf neuere Entwicklungen hinsichtlich der Schweißnahtlage und Auslegung der Werkzeuge eingegangen.

1

Einführung

Der Einsatz geschweißter Platinen beschränkt sich überwiegend auf den Fahrzeugbau. Unter Berücksichtigung ökologischer und kostenspezifischer Aspekte muß das Automobil von heute bei zunehmender Sicherheitstechnik und höherem Komfort seine mobile Leistung steigern bei gleichzeitig immer geringerem Verbrauch.

Es bietet sich hier an, Ziehteile mit partiell unterschiedlichem Verhalten zu verwenden, um Crashverhalten und Gewicht der Fahrzeugkarosserie zu optimieren. Diese Forderungen kann bei tragenden Teilen ein höherfester Werkstoff und bei rein formgebenden Bereichen eine geringere Blechdicke erfüllen. Bei heute immer größer werdenden Ziehteilen, z.B. ganzen Seitenwänden im Karosseriebau, lassen sich so einzelne Blechzuschnitte entsprechend auslegen. Mit der Einbringung höherfester Werkstoffe in stark beanspruchten Bereichen der Karosserie läßt sich auf weitere Versteifungen verzichten. Das hat den Vorteil, weitere Ziehwerkzeuge, Maschinen, Material und Kosten im Rohbau einsparen zu können.

Ziehteile aus Tailored Blanks werden in Pressen, die nach dem einfach- oder zweifachwirkenden Prinzip arbeiten, hergestellt. Beim einfachwirkenden Prinzip muß ein Ziehkissen die Presse zusätzlich unterstützen; dagegen führt beim zweifachwirkenden Prinzip die Presse von sich aus zwei entkoppelte Prozesse aus. Im Vergleich zur Herstellung von Ziehteilen aus konventionellen Platinen ergeben sich Probleme beim Umformen von Tailored Blanks.

Diese sind:

- Die Herstellung der Platinen, wobei hier die Fügeverfahren zu beurteilen und das Festigkeitsverhalten der gefügten mit ungeschweißten Platinen zu vergleichen ist.
- Die Werkzeuge zur Umformung von Tailored Blanks sind höher belastet.

Im folgenden werden Ergebnisse zu den genannten Punkten und die Optimierung des Ziehens von Tailored Blanks beschrieben.

2

Herstellung der Platinen

2.1

Fügeverfahren

Die Einzelplatinen werden mit dem Laser- und dem Quetschnahtschweißen zu einer Gesamtplatine gefügt. Beim Quetschnahtschweißen, das zu den Rollnahtschweißverfahren gehört, entstehen an den Fugestellen Nahtüberhöhungen. Sie lassen sich aber mittels Nachglätten reduzieren. Beim Laserschweißen werden die zu verbindenden Bleche stumpf zusammengeschweißt. Entlang der schmalen Schweißnaht entstehen beidseitig nur leicht wärmebeeinflusste Zonen. In Bild 1 werden die beiden Fügeverfahren bei Verwendung gleicher und unterschiedlicher Blechdicken einander gegenübergestellt.

Am Institut für Umformtechnik Stuttgart wurden in Grundlagenuntersuchungen [1] die Härteverläufe quer zur Schweißnaht für die Blechwerkstoffe St 1405 und ZStE 340 untereinander und in Kombination untersucht. Fügeverfahren

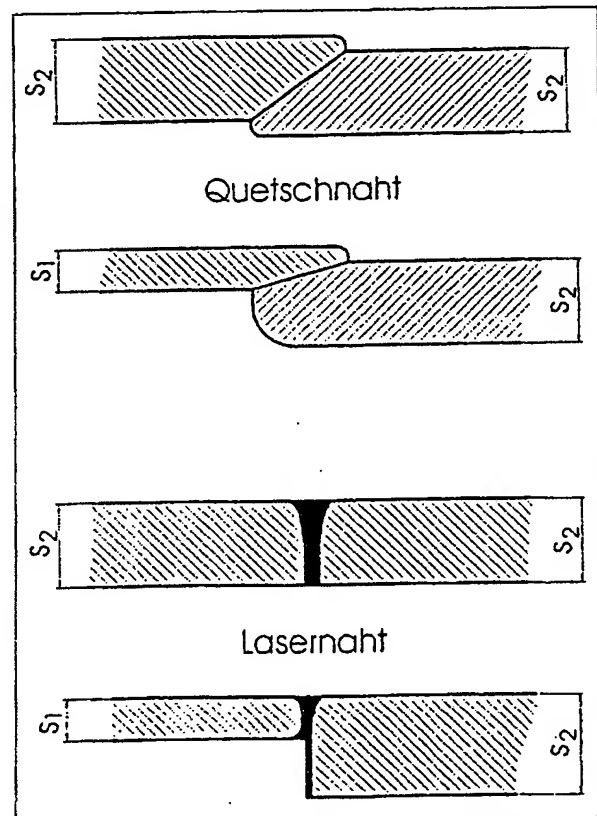


Bild 1. Gegenüberstellung von Laser- und Quetschnahtschweißung bei gleicher und verschiedener Blechdicke

Prof. Dr.-Ing. K. Siegert, Dipl.-Ing. T. Possehn,
Dipl.-Ing. B. Glasbrenner
Universität Stuttgart, Institut für Umformtechnik, Holzgartenstr. 17,
70174 Stuttgart

Dipl.-Ing. E. Knabe
Adam Opel AG, MEP, 65423 Rüsselsheim

ren waren die Laser- bzw. Quetschnahtschweißung. Die Untersuchungen ergaben für die Lasernaht höhere Härtewerte, während die wärmebeeinflussten Zonen beidseitig der Schweißnaht und diese selbst wesentlich kleiner sind als bei der Quetschnaht [1, 2]. Das Nachglätten der Quetschnaht verfestigt den Werkstoff (Kaltverfestigung) mit entsprechender Härtesteigerung. Die wiederum wirkt sich nachteilig auf die Umformbarkeit aus.

2.2

Prüfung der Schweißnaht im Zugversuch

Zur Bestimmung der mechanischen und plastischen Eigenschaften dient der Zugversuch nach DIN EN 10002. Bild 2 zeigt entsprechende Flachzugproben. Hier ist festzuhalten, daß die genormten Kennwerte ungeschweißter Proben nicht für geschweißte Proben gelten können, d.h., die Gleichmaßdehnung A_g und die Bruchdehnung A_{k0} können nur für ungeschweißte Proben eines Materials ermittelt werden [2].

Die Zugfestigkeiten R_m der einzelnen Bleche sind bekannt. Somit kann die Zugfestigkeit R_m^* der geschweißten Probe ermittelt und diese mit den Zugfestigkeiten der beiden Bleche verglichen werden. Bei Vorgabe gleicher Blechdicken der Partner gilt bei der quergeschweißten Probe folgende Aussage:

Ist R_m^* gleich hoch wie R_m des weicheren Werkstoffs, so ist die Schweißnaht in der Lage, die vom weicheren Blech aufnehmbare Belastung bis zum Bruch zu übertragen. Ist R_m^* kleiner als die Zugfestigkeit des weicheren Werkstoffs, so ist aufgrund der Schweißens die Naht meist in der wärmebeeinflussten Zone geschwächt.

Für die Zugprobe mit Längsnaht und gleicher Blechdicke treten Schubspannungen in Richtung der Schweißnaht auf, deren Ursache die Fließbehinderung des weicheren Werkstoffs ist. Ursachen sind zum einen die härtere Schweißnaht und zum anderen der höherfestere Partner. Der Riß startet in der Schweißnaht und setzt sich dann – bei gleicher Blechdicke – im weicheren Werkstoff fort, bevor der Riß im höherfesten Blech weiterläuft. Die Schubspannungen bewirken bei den längsgeschweißten Proben den mehrachsigen Spannungszustand. Die Zugfestigkeit R_m^* , sonst unter reiner Zugspannung einachsig ermittelt, kann nur als Kennwert für den Vergleich der Schweißnahtfestigkeit verwendet werden [2]. In Bild 3 werden die Zugfestigkeiten R_m ungeschweißter Bleche mit den Zugfestigkeiten R_m^* quer- und längsgeschweißter Zugproben aus jeweils gleichen Blechen unterschiedlicher Blechdicke verglichen. In beiden Fällen ist festzustellen, daß bei den Schweißnähten die Zugfestigkeit nicht abnimmt. Kleinere Abweichungen liegen im Rahmen der Meßgenauigkeit. Bei den Längsnahten haben die quetschnahtgeschweißten Proben höhere R_m^* -Werte. Das läßt sich mit dem größeren Schweißnahtquerschnitt und der größeren

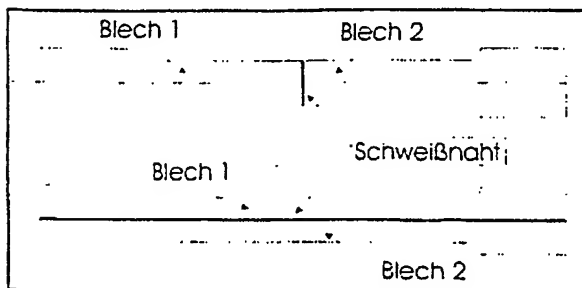


Bild 2. Längs- und quergeschweißte Flachzugproben nach DIN EN 10002

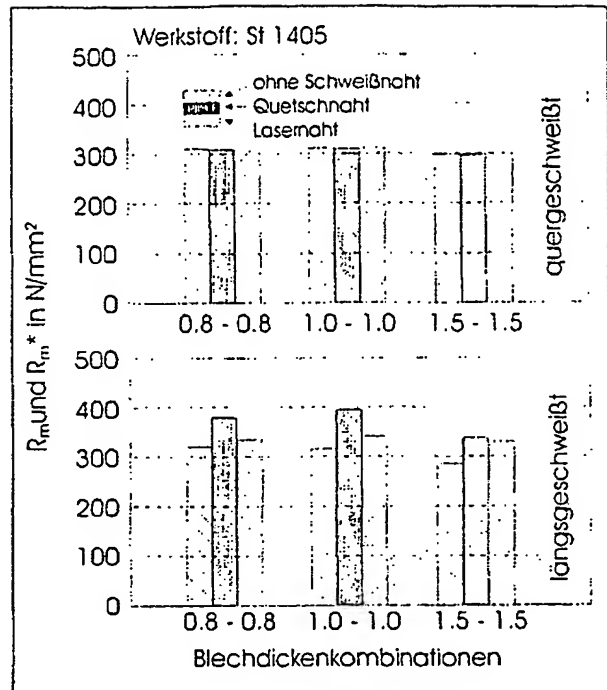


Bild 3. Vergleich der Zugfestigkeit von ungeschweißten und quergeschweißten Zugproben

Aufhärtung in der wärmebeeinflussten Zone erklären. Insgesamt ist bei der Längsschweißnaht festzustellen, daß hier die Belastbarkeit sogar zunimmt. Dieselben Zusammenhänge wurden auch beim höherfesten Werkstoff ZStE 340 festgestellt.

Beim Ziehen von Karosserieteilen liegt meist kein einachsiger Spannungszustand vor. Der Spannungsverlauf beim Tiefziehen setzt sich in der Umformzone aus tangentialer, radialer und normaler Spannung zusammen. Aus dem Fließgesetz [3] ergibt sich, daß der Werkstofffluß in Wanddickenrichtung nahezu Null ist ($s \approx s_0$). Mit der damit verbundenen Vernachlässigung der Normalspannung berechnet sich nach der Schubspannungshypothese von Tresca die Fließspannung als Differenz der größten und der kleinsten Hauptspannung als Differenz aus der radialen und tangentialen Spannung. Die Grenze aufgrund von Reißern ist das Erreichen der Grenzformänderung φ_{gr} . Diese hängt jedoch vom Formänderungsweg und der größten (φ_1) und kleinsten (φ_2) Formänderung ab.

2.3

Grenzformänderungsdiagramm und LDH-Test

Beim Umformen von Blechen sind neben der Faltenbildung auch das Auftreten von Einschnürungen und Reißern die Versagensarten. Mit ihnen werden die Grenzen der Umformbarkeit von Blechen aufgezeichnet. Hierbei entscheidend sind die beiden logarithmischen Längenänderungen in der Blechebene mit den Bezeichnungen φ_1 und φ_2 , wobei $\varphi_1 \geq \varphi_2$ gilt. Für den Fall, daß φ_1/φ_2 nicht konstant ist, hat auch der Formänderungsweg (strain path) Einfluß auf die Bruchversagensgrenze. Der Bruch wird hierbei mit Erreichen der logarithmischen Hauptformänderung φ_{gr} angegeben.

Bild 4 zeigt ein prinzipielles Grenzformänderungsschaubild mit konstanten Formänderungspfaden φ_1/φ_2 , die zum Versagen durch Bruch führen. Mit den Bezeichnungen 1 bis 5 werden einzelne Formänderungspfade beschrieben. „1“ be-

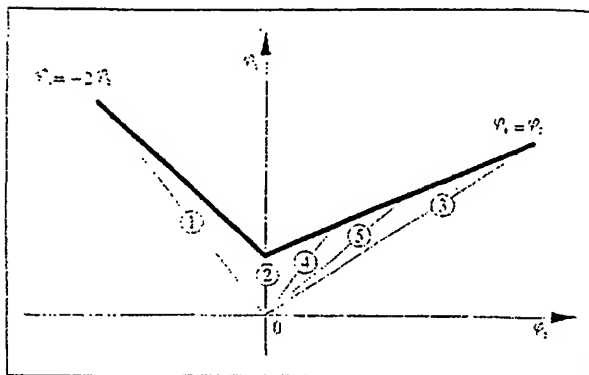


Bild 4. Bestimmung des Grenzformänderungsschaubildes anhand der Grundlagenversuche

zeichnet den einachsigen Zugversuch, „2“ den Zugversuch mit behinderter Querdehnung und „3“ bis „5“ den hydraulischen Tiefungsversuch. In der Reihenfolge 3 bis 5 sind hierbei Matrizengeometrien von kreisförmig bis elliptisch im Einsatz. Im Rahmen der Untersuchungen mit geschweißten Platinen ist es sinnvoll, die Untersuchungen zur Ermittlung der Grenzformänderungskurven mittels ungeschweißten Ausgangsblechen durchzuführen und diese Kurven mit Grenzformänderungskurven für längsgeschweißte Proben zu vergleichen.

Das Versagen durch Bruch tritt hier bei allen Aufnahmeverfahren in der Schweißnaht bzw. in der wärmebeeinflussten Zone auf. Von Interesse ist daher, ob die Schweißnaht einen Einfluß auf den Verlauf der Grenzformänderungskurve hat oder nicht. Um den Versagensfall aufgrund der Schweißnaht erfassen zu können, werden nur Proben gleicher Blechgüte und -dicke als Verbindungspartner verwendet. In Bild 5 ist exemplarisch das Grenzformänderungsschaubild für St 1405 bei gleicher Blechgüte und -dicke dargestellt. Für beide Schweißverfahren hat sich hierbei die Grenzformänderungskurve zu niedrigeren Formänderungswerten hin verschoben. Dieselben Untersuchungen und Ergebnisse ergaben sich auch für den ZStE 340. Das Versagen tritt also vorzeitig aufgrund des Bruches in der Schweißnaht ein. Diese Untersuchungsverfahren sind leider nicht für Blechkombinationen unterschiedlicher Blechgüte und -dicke einsetzbar, da hier der Grundwerkstoff außerhalb der Schweißnaht versagt, d.h., für den schwächeren Partner der kritische Formänderungsweg zum vorzeitigen Bruch führt.

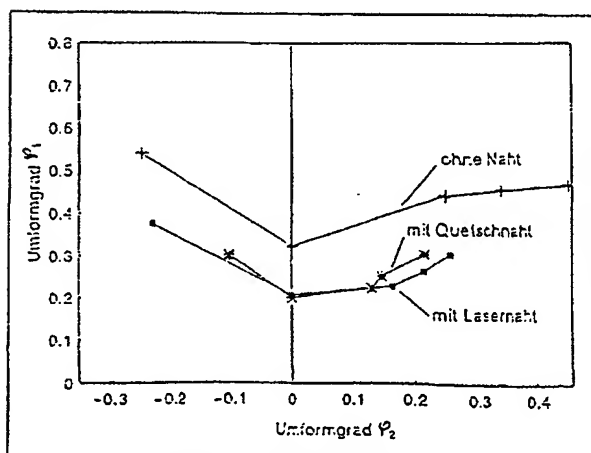


Bild 5. Grenzformänderungsschaubild, St 1405 - St 1405, 1,0 mm - 1,0 mm

Als weiteres bietet sich zur Beurteilung der Schweißnaht die maximale Beulhöhe (LDH: Limited Dome Height) an; ebenfalls bei Kombination gleicher Blechgüte und -dicke und Verwendung kreisrunder Matrizen. Bei St 1405 hatte die ungeschweißte Probe bei allen untersuchten Blechdicken (0,8; 1,0; 1,5 mm) die größte Beulhöhe. Für die laser- und quetschnahtgeschweißten Proben lagen in allen Versuchen die Ergebnisse etwa 25% unter denen der ungeschweißten Proben. Dabei unterscheiden sich Laser- und Quetschnaht kaum im Ergebnis. Das Versagen tritt allgemein durch einen Riß im Kuppenpol ein, wobei dieser bei den geschweißten Proben in der Schweißnaht und quer zu dieser liegt.

3

Gestaltung der Werkzeuge für Tailored Blanks

3.1

Blechkicken- und Toleranzeinhaltung

Bei der Gestaltung der Werkzeuge zum Umformen geschweißter Platinen ergeben sich die Probleme Blechkickensprünge, Blechkickentoleranzen und Schweißnahtüberhöhungen, wobei die Schweißnahtüberhöhung hier nur für die Quetschnahtschweißung angesprochen wird. Wie bereits in Bild 1 dargestellt ist, kommt es beim Fügen durch eine Quetschnaht zur Materialanhäufung an der Verbindungsstelle. Diese partielle Platinenerhöhung muß auf einer Werkzeugseite, d.h. Niederhalter oder Matrize, mit einer Freisparung berücksichtigt werden. Diese Maßnahme ist für Blechkombinationen sowohl gleicher als auch unterschiedlicher Blechdicken notwendig.

Wird diese Freisparung nicht berücksichtigt, kann der Materialfluß während des Ziehens aufgrund des Festsitzens der Platine an der erhöhten Stelle unterbunden werden, was zum vorzeitigen Reißen führt. Die Freisparung ist in optimaler Größe auszulegen. Ist die Freisparung zu klein dimensioniert, kann bei der Schweißnahtwanderung während des Umformprozesses die Materialerhebung an der Kante im Werkzeug anstoßen und den Materialfluß zwangsweise behindern. Der andere Extremfall ist die zu große Auslegung, wobei Teile der Platine auf einer Seite frei liegen, also nicht mehr der erforderlichen Niederhalterpressung ausgesetzt sind. Die tangentialen Druckspannungen im Blech führen dann bei fehlender Niederhalterpressung zu Falten. In Bild 6 wird dieser Punkt als „Problemereich 1“ dargestellt.

Das selbe Problem ist beim Einsatz von Platinen unterschiedlicher Blechdicke für beide Fügeverfahren, d.h. für Laser- und Quetschnahtschweißen, zu berücksichtigen. Hier kommt jedoch die Kontrolle des Blechkickensprungs während der Schweißnahtwanderung zum Tragen, nur daß im Werkzeug für die gesamten Platinenflächen entsprechend ihrer Dicke ein Freiraum geschaffen werden muß. Dieser Freiraum, der oft in Segmentbereiche aufgeteilt ist, muß einer Werkzeugseite zugeteilt werden. Die Schweißnahtwanderung während des Umformprozesses kann dabei zu zwei Extremfällen führen.

Zum einen kann das dünnere Blech in den Segmentbereich des dickeren einlaufen. Bei fehlender Niederhalterpressung ergeben tangential Druckspannungen Falten. Der andere Fall ist das Auflaufen des dickeren Partners am Segmentstoß zum dünneren Blech, wobei es zum Reißen des Bleches kommt. Diese Punkte sind als „Problemereich 2“ in Bild 6 dargestellt. Für den Fall einer optimierten Abstimmung des Segmentsprungs im Werkzeug ist jetzt noch die Blechkickentoleranz, die von Charge zu Charge gegeben ist, zu berücksichtigen. Neben der bei vorliegendem Blechkickensprung optimal eintuschierten Spaltbreite zwischen Nieder-

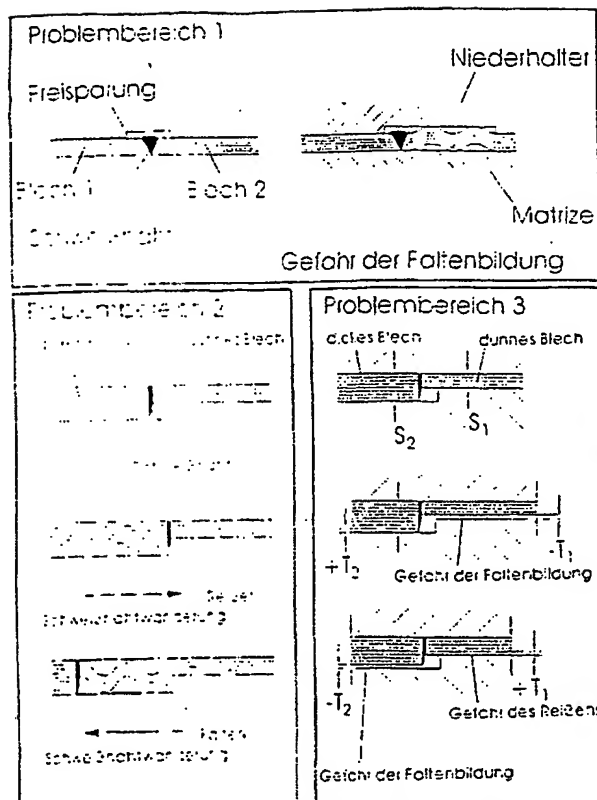


Bild 6. Problemzonen bei der Umformung von Tailored Blanks

halter und Matrize können für andere Blechdickentoleranzen zwei Extremfälle eintreten. Ist der dickere Partner in der Plus-toleranz und der dünnere Partner in der Minustoleranz, führt dies zu Falten beim dünneren Partner. Ursache ist die fehlende Flächenpressung. Der andere Fall sind Blechdicken mit Minustoleranz beim dickeren Partner und einer Plus-toleranz beim dünneren Partner. Hier bewirkt die zu hohe Flächenpressung beim dünneren Partner eventuell Reißen, während der dickere Partner bei fehlender Flächenpressung zur Faltenbildung neigt. In beiden Fällen unterschiedlicher Blechdickentoleranzen ist der Materialfluß unbefriedigend („Problem-bereich 3“, Bild 6).

Um das Problem der Blechdickentoleranzen zu umgehen, werden an den Werkzeugen federnd gelagerte Niederhalter-segmente eingebaut, d.h., eine Niederhalterplatte wird mit entsprechenden Elastomerplatten unterlegt. Die damit schwimmend gelagerte Niederhalterplatte hat geringe Bewegungsfreiheit, um Blechdickentoleranzen auszugleichen (Bild 7).

3.2

Prinzip der segmentierten Werkzeuge

Die vorn angesprochenen Probleme der Gestaltung von Blechübergängen im Werkzeug bei geschweißten Platinen in Form von Schweißnahtüberhöhungen, Blechdickensprüngen und Blechdickentoleranzen kann die Ausführung des Werkzeugs in Segmentbauweise lösen.

Die Segment-sprünge im Werkzeug sind entsprechend der Schweißnahtlage zu wählen. In ersten Untersuchungen wurden am Institut für Umformtechnik Stuttgart zwei Versuchswerkzeuge mit der Zieh-eilgeometrie „Wannenform“ entwickelt [1] (Bild 8). In einer Ausführung waren die Segmentabschnitte fest eingepaßte Segmentplatten mit unterschiedlicher Dicke, um entsprechende Blechdickensprünge ausgleichen zu können.

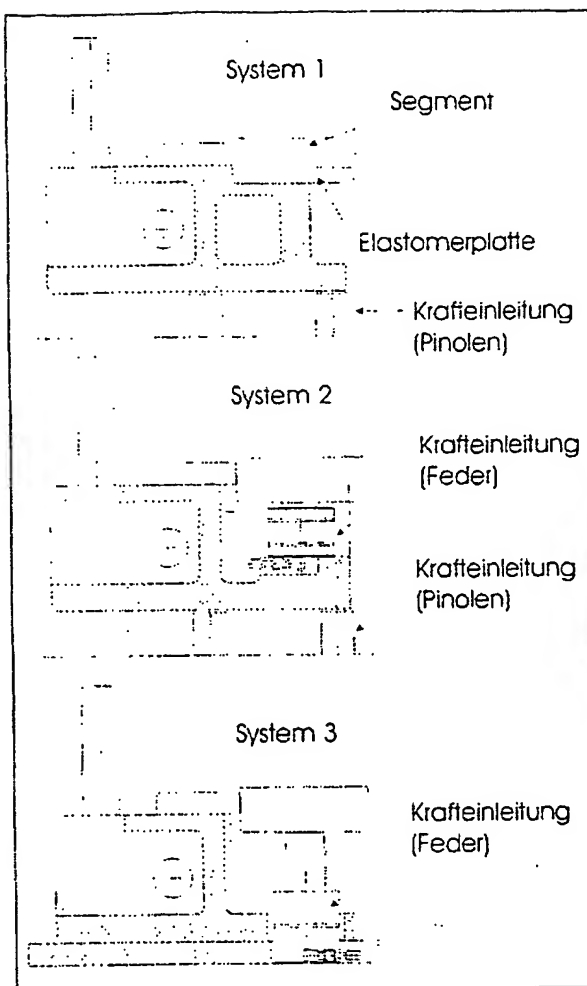


Bild 7. Entwicklungsvarianten bei der Herstellung von Werkzeugen für den Einsatz von Tailored Blanks

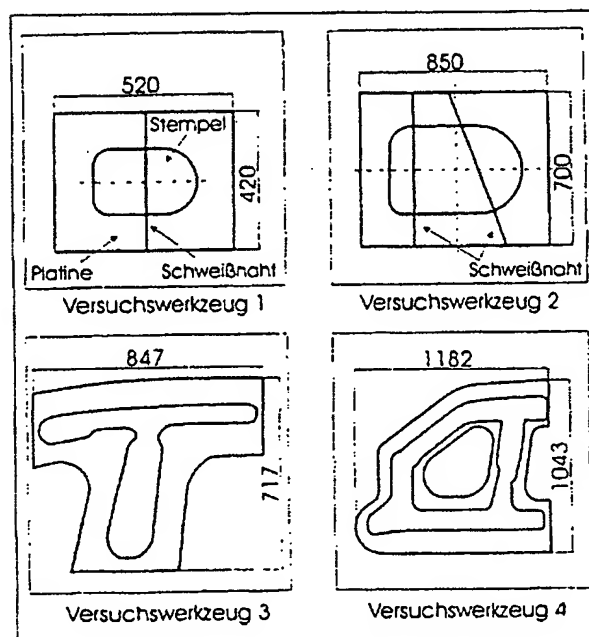


Bild 8. Entwickelte Versuchswerkzeuge „Wanne 1.2“ und geplante Versuchswerkzeuge B-Säule-Dachrahmen und Fahrrertürrahmen für Untersuchungen mit Tailored Blanks

Unter Berücksichtigung der Blechdickentoleranzen mußte beim Einsatz unterschiedlicher Blechgüten mit sehr schwankenden Festigkeitskenngrößen eine Möglichkeit geschaffen werden, unterschiedlich große Niederhalterkräfte einzuleiten. Für den Fall mit Segmentplatte bot sich der Einsatz von Elastomerplatten an, wobei hier entsprechende Einsatzgrenzen hinsichtlich der Kraftaufbringung gegeben sind. Im zweiten Versuchswerkzeug wurde ein einzelnes Niederhaltersegment über einzeln ansteuerbare Gasdruckfedern mit einer bestimmten Niederhalterkraft angesteuert, womit das Problem der regelbaren Krafteinleitung bei Berücksichtigung der Blechdickentoleranzen gelöst ist.

3.3

Betrachtung der Werkzeugsysteme

Der Einsatz geschweißter Platinen sowie die Herausforderung, Werkstoffpaarungen mit immer größeren Blechdicken, unterschieden und Festigkeitskenngrößen einzusetzen, macht eine Werkzeugauslegung in Segmentbauweise mit einzeln ansteuerbaren Krafteinleitungspunkten unumgänglich.

Beim System der Krafteinleitung muß hierbei entsprechend dem Investitionsvolumen und der Teilstückzahl zwischen der Krafteinleitung durch die Presse, d.h., Ziehkissen-einrichtungen mit vielen Krafteinleitungspunkten über Pinolen, oder einem „autarken“ Werkzeugsystem mit eigener Kraftansteuerung unterschieden werden. Diese im Werkzeug integrierte Kraftansteuerung kann über Gasdruck- oder Hydraulikfedern erfolgen, die in einem Federsystem oder autonom über eine Kontrollarmatur angesteuert werden.

Im Rahmen einer Forschungsk Kooperation entwickelt derzeit das Institut für Umformtechnik Stuttgart zwei weitere Versuchswerkzeuge, wobei hier beide Werkzeugsysteme vorgesehen sind. In einem Werkzeug wird als Hauptkrafteinleitungssystem das Ziehkissen im Pressentisch verwendet. Hier dient der Unterstützung eines einzelnen Segmentbereichs eine separate Ansteuerung über Gasdruckfedern, die im Niederhalter eingebaut sind. Neben dem Ausgleich der Blechdickensprünge und -toleranzen wird in diesem Systembereich eine zusätzliche Niederhalterkraft eingeleitet. Für das zweite Versuchswerkzeug ist ein autarkes Krafteinleitungssystem vorgesehen. Die 4000-kN-Versuchspresse am IFU hat ein im Pressentisch integriertes Ziehkissen, bei dem zehn einzeln ansteuerbare Pinolen als Krafteinleitungspunkte wirken. Für das zweite Versuchswerkzeug sind die vorhandenen Pinolen nur in eingeschränktem Maße einzusetzen, weshalb sich eine individuelle Einbringung von Krafteinleitungspunkten in Form von Gasdruckfedern als Lösung anbot. Das Werkzeug hat somit eine eigene Ansteuerung der Niederhalterkräfte, und die im Pressentisch vorhandenen Pinolen sind ausgeschaltet.

In Bild 7 sind die drei Werkzeugentwicklungsschritte für den Einsatz von Tailored Blanks dargestellt.

3.4

Segmentaufteilung der Ziehwerkzeuge

Bei der Auslegung der ersten Versuchswerkzeuge [1] traten bei der Abgrenzung der Segmente aus der Vorgabe der Schweißnahtlage keine größeren Probleme auf. Grund kann die relativ einfache Ziehteilgeometrie sein. In Bild 8 sind die einzelnen Versuchswerkzeuge für Tailored Blanks dargestellt. Die beiden ersten Werkzeuge sind mit ebenem Niederhalter und Stempelboden ausgeführt. In der Kombination der Platinen waren die Schweißnähte exakt linear mit geradem Verlauf oder unter definiertem Winkel ausgeführt. Blechwerkstoffe waren St 1405 und ZStE 340, wobei die Blechdicke gleich war oder der Blechdickensprung 0,5 mm betrug. Bei

der Kombination beider Werkstoffe wanderte die Schweißnaht in die Richtung des höherfesten Werkstoffs ZStE 340. Werkstoffkundlich ist das mit dem unterschiedlichen Fließbeginn der beiden Werkstoffe zu erklären. Der weichere St 1405 hat eine geringere Fließgrenze und beginnt sich bei geringerem Spannungsniveau plastisch umzuformen. Bei diesem Niveau hat der höherfeste ZStE 340 seine Fließgrenze noch nicht erreicht hat. Zur Umformung zieht er den weicheren St 1405 heran, und die Schweißnaht wandert aus der linearen Vorgabe heraus. Die Abweichung der Schweißnaht vom linearen Ausgang hin zum gekrümmten Verlauf wurde sowohl im Flanschbereich als auch im Stempelboden des Ziehteils festgestellt. Für die Untersuchungen mit diesen Werkstoffkombinationen wurden vorab gleiche Blechdicken verwandt; die Schweißnahtwanderung ergab dabei keine größeren Probleme. Bei Platinen unterschiedlicher Blechdicken und fester Segmentvorgabe (Bild 8) gab es die beschriebenen Probleme der Faltenbildung und Reißergefahr. Für die Lage der Schweißnaht und der Schweißnahtwanderung war der Verlauf in Materialflußrichtung – senkrecht zur Ziehkante – die beste Lösung. Zum Einhalten dieser Bedingung war dem ungleichen Fließverhalten (zwischen St 1405 und ZStE 340) mit einer nichtlinearen Schweißnaht entgegenzuwirken. Die Auslegung der nichtlinearen Schweißnaht wurde parallel einerseits über verschiedene Versuchsabpressungen bei gleicher Blechdicke empirisch und andererseits über FEM-Simulationen theoretisch ermittelt. Dabei ergab die Auslegung der Platine anhand der FEM-Ergebnisse eine gute Korrelation zur Praxis. Ein gutes Ziehteil mit nichtlinearer Schweißnaht bestätigte dies. Für die beiden derzeit entstehenden Versuchswerkzeuge wurde von vornherein eine nicht-lineare Schweißnaht vorgegeben.

Für Versuche wurden Ziehteile einer Pkw-Karosserie gewählt. Das waren zum einen die Verbindung B-Säule-Dachrahmen, und zum anderen ein Fahrertürrahmen. Beide Teile hatten feste konstruktive Vorgaben bezüglich der Schweißnahtlage. Diese hatten Crashverhalten und Design zu berücksichtigen. Grund für letzteres waren Konturbereiche, die im Außenhautbereich der Karosserie liegen, wobei hier eine Schweißnaht stören würde. Für die konstruktive Auslegung dieser beiden Versuchswerkzeuge wurden FEM-Simulation und CAD-System kombiniert. Als FEM-System werden die impliziten und expliziten Systeme AUTOFORM [4] und OPTRIS [5] verwendet. Die FEM-Simulation dient hier zur Auslegung der Platinengeometrie mit nichtlinearer Schweißnaht. Zu erreichen war die kontrollierte Schweißnahtwanderung. Entsprechend der Simulationen ergab sich ein Anhaltspunkt für die Gestaltung der Werkzeugsegmente.

4

FEM-Prozeßsimulation

Die FEM-Simulationen unterstützte die Werkzeugauslegung. Vorgegeben waren CAD-Flächenmodelle der geplanten Werkzeuge mit Ziehteilkontur und möglichen Segmentabschnitten. Durchgeführt wurden mit den Simulationen erste Machbarkeitsstudien. Sie gaben einen Hinweis, inwieweit die vorgegebenen Werkstoffkombinationen einsetzbar sind. Bei Werkstoffkombinationen mit sehr schwankenden Festigkeitseigenschaften wird hierbei besonders die Schweißnahtwanderung untersucht. Ziel ist, die Schweißnahtwanderung zu vermeiden oder kontrolliert in festen Grenzen entsprechend einer Segmentvorgabe des Werkzeugs zu halten. Die Vorstellungen der Werkzeugsegmentierung werden der FEM-Simulation als CAD-Koordinatenpunkte vorgegeben. Über einzelne Simulationsschritte läßt sich dann der Auslegung der Platine und ihrer Schweißnähte nähern. Zur Optimierung der

Ziehergebnisse fließen verfahrens- und anlagenspezifische Parameter (aus der Praxis) in die Simulation ein. Für die verfahrensspezifischen Parameter sind die tribologischen Kenngrößen nur bedingt nutzbar, da eine partiell unterschiedliche Verteilung der Reibzahlen nicht realisierbar ist. Die anlagenspezifischen Parameter wie Einleitung und Größe der Niederhalterkräfte oder die Materialflußsteuerung mittels Ziehstäben werden in den Simulationen voll übernommen.

5

Zusammenfassung

Heute bestehen bei Fahrzeugen die Forderungen nach Leichtbauweise, Energieeinsparung, mehr Sicherheit und höherem Komfort. Der Einsatz geschweißter Platinen (Tailored Blanks) im Karosseriebau bietet eine Lösung. Optimal ist es dann, verschiedene Blechgüten und -dicken in einen gemeinsamen Umformprozeß einzubeziehen. Bei immer großflächigeren Ziehteilen kann die Einbringung partiell unterschiedlicher Eigenschaften bezüglich Festigkeit und Gewicht den Einsatz geschweißter Platinen weiter unterstützen. Im Bericht wurden die Entwicklungsstadien beim Einsatz von Tailored Blanks anhand vorausgehender Grundlagenuntersuchungen und entsprechender Werkzeugauslegung diskutiert. Beim Herstellen geschweißter Platinen mit der Lasertechnik wird sich der nichtlineare Schweißnahtcharakter mehr und

mehr durchsetzen. Damit braucht der Anwender die Kombination verschiedener Platinentypen nicht nur unter fertigungstechnischen Gesichtspunkten betrachten, sondern kann bereits aus der Konstruktion der Bauteile heraus die Platinnensegmente aufteilen. Diese Vorgaben sind dann beim Bau der Umformwerkzeuge zu berücksichtigen beziehungsweise bestmöglichst umzusetzen. Der nichtlineare Charakter der Schweißnaht bedingt im fertigen Ziehteil einen anderen Verlauf, als er in der Ausgangsplatine hierfür notwendig ist. Der Entwickler muß deshalb bei der Festlegung der optimalen Platine und der entsprechenden Segmente auf die FEM-Simulationsunterstützung zurückgreifen, die er kombiniert mit CAD-Programmen anwenden sollte.

Literatur

1. Siegert, K.; Knabe, E.: Abschlußber. Werkzeuge für geschweißte Platinen unterschiedlicher Blechdicke und Güte (noch nicht erhältlich)
2. Siegert, K. u.a.: EFB-Ber. z. Tag. „Leichtbau durch intelligente Blechbearbeitung“ (März 1997)
3. Siegert, K.: Unterlag. z. Vorles. Umformtechnik I
4. Kubli, W.: Prozeßoptimierte implizite FEM-Formulierung für die Umformsimulation großflächiger Blechbauteile. Fortsch.ber. VDI, Nr. 204 (1996)
5. Dynamic Software: Unterlagen zum expliziten FEM-Programm OPTRIS (1996)

Buchbesprechungen

Müller, R.; Hallwachs, U.; Schaal, H.; Schlund, M.: *Fertigungsinseln. Strukturierung der Produktion in dezentrale Verantwortungsbereiche*, 2. akt. u. erw. Aufl. R. Kontakt & Studium, Bd. 355. Renningen-Malmsheim: expert 1995. 200 S., 100 Abb., brosch., DM 74,-

Die zweite, um eine Fallstudie erweiterte Ausgabe dieses Buches gliedert sich in fünf Abschnitte. Im ersten Abschnitt gelingt es den Autoren, deutlich zu machen, welche Schwachstellen in den Organisationsstrukturen heutiger Unternehmen vielfach anzutreffen sind. Abhilfe versprechen integrierte Organisationskonzepte, „die sich durch eine geringe vertikale und horizontale Arbeitsteilung, einen hohen Grad der Entkopplung des Menschen vom eigentlichen Produktionsprozeß, eine Arbeitsteilung in Teams und einen hohen Autonomiegrad der Mitarbeiter charakterisieren lassen.“ Diese nicht mehr neuen, aber längst noch nicht als Stand der Technik verbreiteten Ansätze werden unter anderem durch die Schaffung von Fertigungsinseln unterstützt.

Der zweite Abschnitt beschreibt eine Systematik zur Planung von Ferti-

gungsinseln, die eine gute Hilfe bei der Durchführung der erforderlichen Tätigkeiten wie Teile- und Maschinenstrukturierung ist. Da bis heute keine allgemeingültigen Regeln zur Gestaltung von Fertigungsinseln existieren, hängt das Planungsergebnis aber auch bei der hier vorgestellten Systematik nach wie vor wesentlich von der Kreativität und insbesondere der Erfahrung des Planers ab. Anwendungsorientiert ist die im dritten Abschnitt ausgeführte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Fertigungsinseln. Sie ermöglicht eine bewertende Gegenüberstellung unterschiedlicher Planungsalternativen.

Der besonderen Bedeutung der Mitarbeiter in Fertigungsinseln – Mitarbeiter müssen im Rahmen dieser Organisationsform viele koordinierende Tätigkeiten und damit mehr Verantwortung übernehmen – wird das Buch gerecht, indem es den vierten Abschnitt personalwirtschaftlichen Aspekten widmet. Die Autoren formulieren die entscheidende Frage aus Sicht des Managements provozierend: „Trauen wir unseren Mitarbeitern den Schritt zur Fertigungsstrukturierung aus heutiger Sicht zu?“ In diesem Abschnitt werden weit

über die Bildung von Fertigungsinseln hinausreichende Konsequenzen wie die Qualifikation von Mitarbeitern sowie neue Entlohnungsformen und Arbeitszeitmodelle diskutiert.

Im letzten Abschnitt des Buches wird die Strukturierung von Unternehmen an Fallstudien (ein Hersteller von Motoren und Getrieben, ein Hersteller von Fördertechnik und ein Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus) vorgestellt. Eine leicht nachvollziehbare Beschreibung des Vorgehens im Rahmen der Planungsbeispiele unterstützt das eigentliche Ziel des Buches, die Übertragbarkeit der hier angewendeten Methoden durch den Leser auf sein eigenes Unternehmen sicherzustellen.

Das hier besprochene Buch enthält eine gute Zusammenstellung der Grundlagen sowie der wichtigsten Planungs- und Bewertungsmethoden, um in das Thema Fertigungsinseln einzusteigen. Besonders lesenswert ist es aufgrund einer gelungenen Verknüpfung zwischen der Gestaltung von Fertigungsinseln einerseits und der vielfach erforderlichen Restrukturierung des Gesamtunternehmens andererseits.

R. Scholtissek